

Paragénesis mineral de la veta Tajo, Yacimiento Paramillos de Uspallata, Mendoza, Argentina

Carrasquero, S. I.¹; N. A. Rubinstein²; R. E. Bevins³

¹ Universidad Nacional de La Plata (UNLP) - Instituto de Recursos Minerales (INREMI), calle 64 y 120, (1900) La Plata, Argentina. silviacarrasquero@yahoo.com.ar

² IGEBBA (CONICET-Universidad de Buenos Aires). Departamento de Geología, Pabellón 2, Ciudad Universitaria C.A.B.A., Argentina. nora@gl.fcen.uba.ar

³ Department of Geology, National Museum of Wales, Cathays Park, Cardiff, UK. Richard.bevins@museumwales.ac.uk

► **Resumen** — La Veta Tajo forma parte del yacimiento Paramillos de Uspallata (32°28'29.6"S; 69°08'46"O), ubicado en la Precordillera Occidental de la provincia de Mendoza. Este yacimiento está formado por un conjunto de vetas con mineralización de Pb-Zn-Ag hospedadas en basaltos triásico-jurásicos y en sedimentitas triásicas. Los estudios mineralógicos (microscopía óptica convencional y SEM-EDX) realizados sobre muestras provenientes de la veta Tajo permitieron determinar que la paragénesis de mena está compuesta por galena argentífera, esfalerita, calcopirita, tetraedrita, freibergita, boulangerita, owyheeita, pirita, arsenopirita y marcasita así como la existencia de dos pulsos de mineralización, un primer pulso principalmente de Pb-Zn-Ag-(Cu) en ganga carbonática y un segundo pulso estéril en ganga de cuarzo. Por otra parte los análisis de química mineral permitieron determinar la composición de los minerales de mena y de esta forma establecer cuáles son aquellos portadores de Ag.

Palabras clave: Paragénesis de mena, química mineral, Veta Tajo, Yacimiento Paramillos de Uspallata, Precordillera mendocina.

► **Abstract** — "Ore paragenesis of the Tajo Vein, Paramillos de Uspallata ore deposit, Mendoza Province, Argentina". The Tajo Vein is part of the Paramillos de Uspallata ore deposit (32°28'29.6"S; 69°08'46"W) that is located in the Western Precordillera of Mendoza Province. This ore deposit consists of Pb-Zn-Ag veins hosted by Triassic-Jurassic basalts and Triassic sedimentary rocks. Mineralogical studies (optical microscopy and SEM-EDX analyses) carried out on samples from the Tajo Vein allowed the identification of an ore paragenesis consisting of Ag-galena, sphalerite, chalcopyrite, tetrahedrite, freibergite, boulangerite, owyheeite, pyrite, arsenopyrite and marcasite, occurring in two mineralization stages, the first consisting of Pb-Zn-Ag-(Cu) mineralization with a carbonate gangue and the barren second one with a quartz gangue. Chemical analyses allowed to determine the composition of the ore minerals and the Ag-bearing phases.

Keywords: Ore paragenesis, mineral chemistry, Tajo Vein, Paramillos de Uspallata ore deposit, Precordillera of Mendoza Province.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento Paramillos de Uspallata (32°28'29.6"S; 69°08'46"O) se encuentra ubicado 45 km al NO de la ciudad de Mendoza, en la Precordillera Occidental (fig. 1). Este depósito está formado por vetas con mineralización de Pb-Zn-Ag, entre las cuales se incluye la veta Tajo, que ocupan un área

aproximada de 16 km² y se encuentran hospedadas principalmente en basaltos de edad triásica-jurásica y en forma esporádica en sedimentitas continentales triásicas. La actividad minera se inició en el área en 1638 con la explotación de minerales de Pb y Ag los cuales eran llevados a Chile para su beneficio (Molina, 1788). En 1884 se constituyó la Sociedad Exploradora del Paramillo de Uspallata que entregó la administración del depósito al geólogo alemán Ave-Lallemant

que desarrolló diversas labores y proyectó una planta de concentración. A partir de 1908 el depósito cambió varias veces de dueño siendo explotado en forma discontinua hasta 1982 (Rayces, 1949; Angelelli, 1983). El tonelaje total extraído estimado es de 414.000 t (Lavandaio y Fusari, 1986) con reservas probables de 20.000 t inferidas de 1.200.000 (Cortés *et al.*, 1997) El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los re-

sultados de los estudios mineralógicos realizados sobre muestras provenientes de la veta Tajo con el fin de contribuir al conocimiento de la paragénesis de mena del yacimiento.

GEOLOGÍA DEL ÁREA

Los afloramientos más antiguos del área corresponden al Grupo Uspallata (Strelkov y Alvarez, 1984) (fig. 1a) que incluye las For-

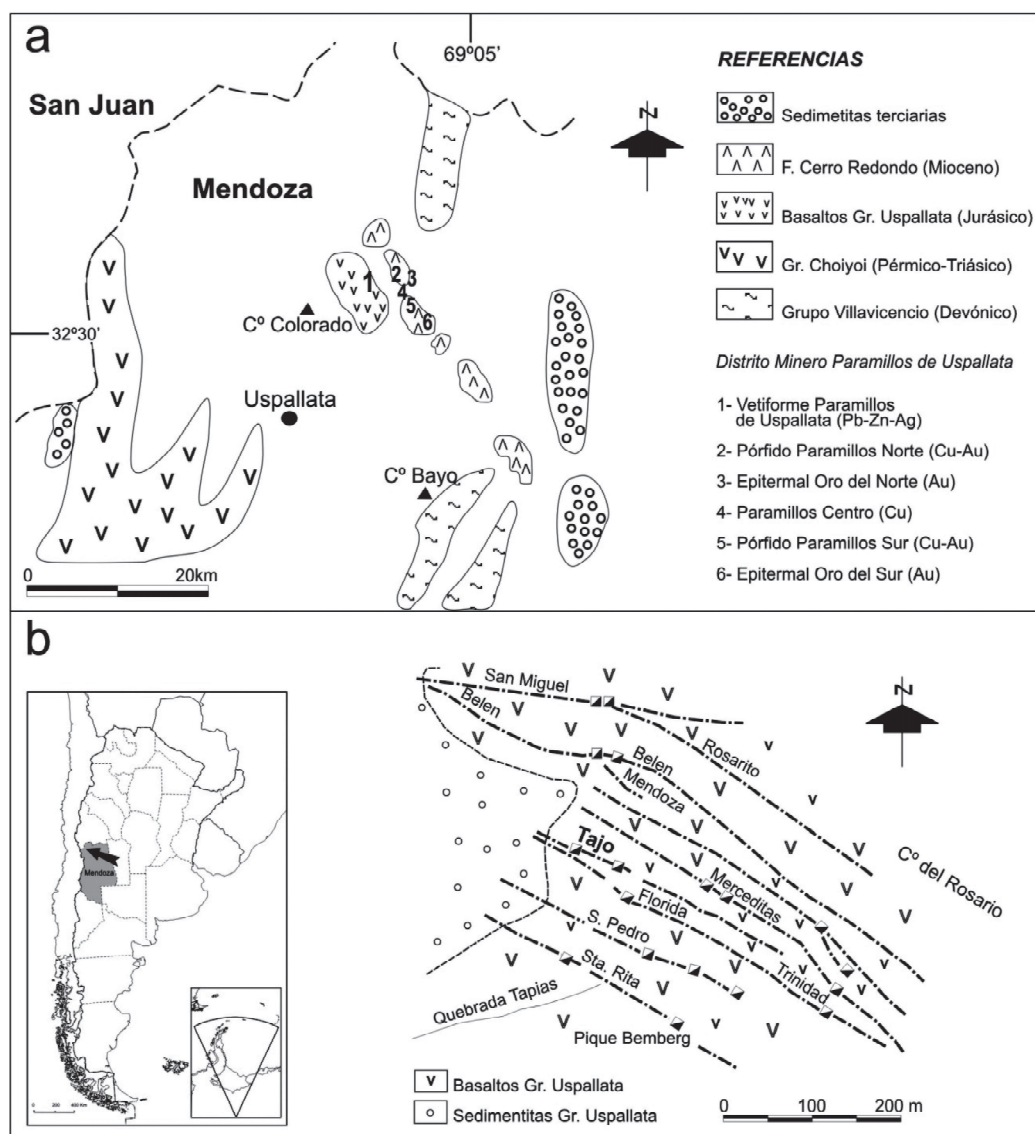


Figura 1. a) Geología del área del Distrito Minero Paramillos de Uspallata. b) Detalle del sector norte del depósito Paramillos de Uspallata en el que se concentra el mayor número de vetas y en el cual se encuentra la veta Tajo (modificado de Trewartha James, 1923).

maciones Paramillo, Agua de la Zorra y Los Colorados (Harrington, 1971) en las cuales se intercalan filones y coladas de basaltos alcalinos de edad triásica media-jurásica (Harrington, 1971; Massabie, 1986; Linares y González, 1990; Ramos y Kay, 1991; Cortés *et al.*, 1997). La Formación Paramillo está constituida por sedimentitas y piroclastitas. Las rocas sedimentarias incluyen pelitas de origen lacustre y areniscas conglomerádicas (diamictitas) interpretadas como depósitos de lahares (Cortés *et al.*, 1997). Le sigue en concordancia la Formación Agua de la Zorra formada por rocas piroclásticas, areniscas y lutitas fosilíferas de ambiente fluvial y lacustre (Cortés *et al.*, 1997). Por enci-

ma se encuentra la Formación Los Colorados compuesta por areniscas con restos de araucarias (Cortés *et al.*, 1997). El volcanismo terciario está representado en el área por la Formación Cerro Redondo (fig. 1a), de edad miocena (Massabie *et al.*, 1986; Linares y González, 1990; Kay *et al.*, 1991; Cortés *et al.*, 1997) que comprende pórfiros y brechas de composición andesítica caracterizadas por una señal adakítica (Carrasquero *et al.*, 2011) y a los cuales se encuentran genéticamente asociados un conjunto de depósitos de tipo pórfido cuprífero y sistemas epitermales de alta sulfuración (Lavandaio y Fusari, 1999 y referencias allí citadas; Carrasquero *et al.*, 2011) (fig. 1a).

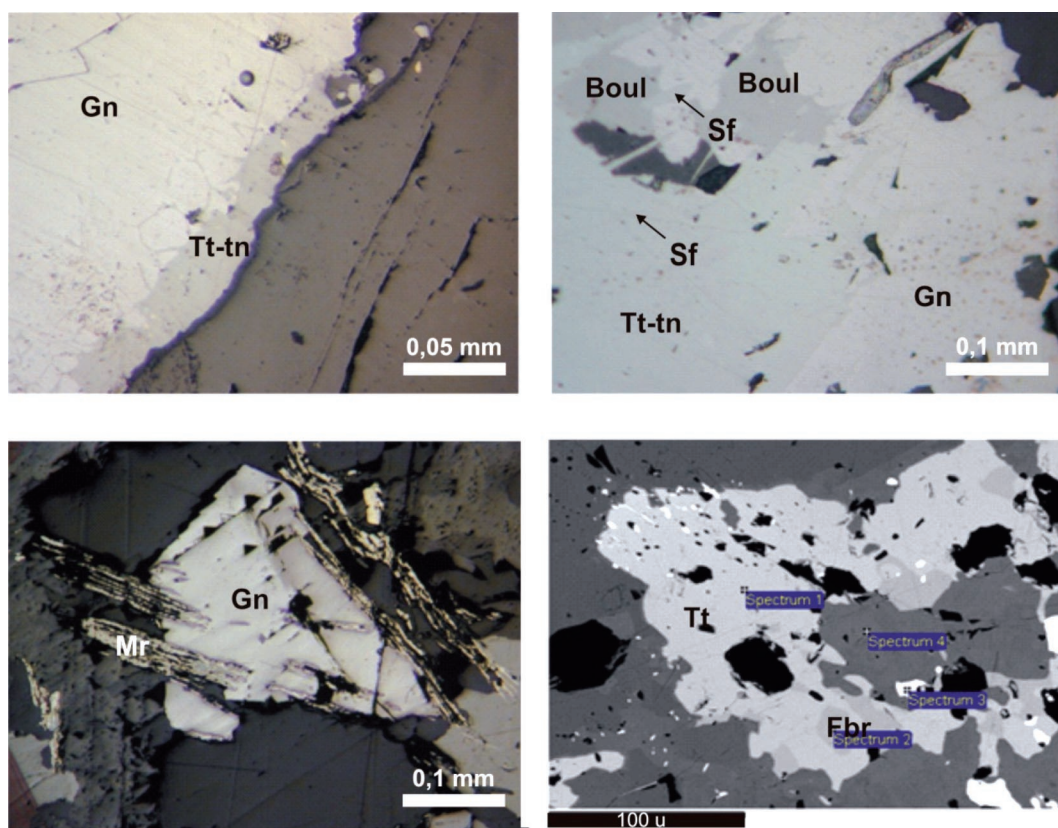


Figura 2. a) Tetraedrita-tenantita (tt-tn) reemplazando a la galena (gn). b) Galena reemplazada por tetraedrita-tenantita la que a su vez se encuentra reemplazada por boulangerita (boul); cristales aciculares y tabulares de la sulfosal (sf) reemplazando a la tetraedrita y a la boulangerita. c) Galena y por encima marcasita (mr). d) Imagen de electrones retrodispersados mostrando las desmezclas de freibergita (fbr), de tono gris más oscuro, en tetraedrita (tt).

EL YACIMIENTO

El depósito comprende aproximadamente 40 vetas que alcanzan hasta 1500 m de corrida y 3 m de potencia las que están controladas por dos sistemas de fallas de rumbo E-O y NO-SE (fig. 1 b). Las leyes de Pb oscilan entre 0,35 y 6,56%, las de Zn entre 0,46 y 8,57% y las de Ag entre 57 y 1002,5 g/t (Rayces, 1949). Presentan textura brechosa, maciza, bandeada y en cocarda con una paragénesis de mena compuesta principalmente por galena argentífera y esfalerita y en forma subordinada tetraedrita argentífera, pirita y calcopirita en una ganga compuesta por siderita manganífera, calcita y en menor proporción cuarzo y escasas calcedonia y baritina. Como minerales supergénicos se reconocieron limonitas, óxidos de Mn, crisocola, óxidos de Cu (malaquita y azurita), calcosina y haluros (Ave-Lallemant, 1890; Rayces, 1949).

VETA TAJO

La veta Tajo se aloja siguiendo una fractura de rumbo general ONO-ESE y su roca de caja son los basaltos del Grupo Uspallata (fig. 1b). Tiene una corrida aproximada de 400 m y un espesor máximo de 0,60 m, con leyes de 2,98% de Pb, 5,63% de Zn y 662,4 g/t de Ag (Rayces, 1949). Presenta textura crustiforme y una paragénesis compuesta por esfalerita, galena, calcopirita, pirita, tetraedrita, proustita-pirargirita, arsenopirita y marcasita (Garrido *et al.*, 2001). Los estudios de inclusiones fluidas realizados en cuarzo, siderita y esfalerita indican temperaturas y salinidades típicas de sistema de tipo epitermal, en tanto que los isótopos de O, C y S sugieren una fuente de agua magmática con aporte de aguas meteóricas (Garrido *et al.*, 2001).

PARAGÉNESIS MINERAL

La paragénesis de mena está compuesta principalmente por galena y esfalerita que se presentan en cristales anhedrales muchas veces en contacto. La esfalerita tiene textura *disease*. Venillas de calcopirita atraviesan a

ambos minerales. Se encuentra además escasa pirita en cristales euhédricos frecuentemente distribuidos en venillas o en los contactos entre la galena y la arsenopirita. Por otra parte se reconoce un mineral de la serie tetraedrita-tenantita que se presenta en cristales anhedrales reemplazando parcialmente a la galena (fig. 2 a) y a la esfalerita. Tanto este mineral como la galena se encuentran parcialmente reemplazados por cristales subhedrales tabulares de boulangerita (fig. 2b). Finalmente se reconocen cristales tabulares a aciculares fuertemente anisótropos de una sulfosal (¿?) que reemplaza a los anteriores (fig. 2b). Toda esta asociación presenta una ganga de carbonato (siderita). Venillas de cuarzo atraviesan la paragénesis anterior y contienen cristales tabulares a aciculares de arsenopirita y agregados de marcasita, esta última como probable reemplazo de melnikovita (gel de pirita) (fig. 2c).

QUÍMICA MINERAL

Análisis realizados con microscopio electrónico de Barrido Zeiss SMT S360 (SEM) con detector de electrones retrodispersados de cuatro cuadrantes (4QBSD) provisto de un sistema de análisis de energía dispersiva de rayos X Oxford INCA ENERGY (EDX) con un voltaje de aceleración de 20 kV, una sonda de corriente de ~1 nA y una distancia de trabajo de 25 mm arrojaron los resultados que se presentan en la tabla 1.

La química mineral indica que la galena es argentífera conteniendo cantidades variables de Ag que alcanzan hasta prácticamente 8% en peso. Por otra parte la calcopirita muestra una composición muy constante en tanto que la esfalerita presenta un alto contenido de Zn. A partir de las imágenes de electrones retrodispersados se observa que la freibergita (Ag_3SbCu_4), otro de los minerales portadores de Ag dentro de la paragénesis, aparece como desmezcla dentro de la tetraedrita-tenantita (fig. 2 d), identificada como tenantita en base a su composición química. La química mineral también permitió confirmar la presencia de boulangerita

($\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$) que fuera determinada por vía óptica. Por último, los resultados obtenidos permitieron identificar como owyheeita ($\text{Pb}_7\text{Ag}_2(\text{Sb,Bi})_8\text{S}_2\text{O}$) al mineral en cristales aciculares que forma parte de la paragénesis de minerales de Pb-Zn-Ag. Cabe destacar que sus características ópticas son coincidentes con las de dicha especie mineral.

CONSIDERACIONES

Los estudios realizados por vía óptica y química (SEM-EDX) permitieron establecer que la paragénesis de mena de la veta Tajo está compuesta por galena argentífera, esfalerita *disease*, tetraedrita, freibergita, boulangerita, owyheeita, pirita, calcopirita, arsenopirita y marcasita, reconociéndose

dos pulsos de mineralización, un primer pulso principalmente de Pb-Zn-Ag-(Cu) en ganga carbonática y un segundo pulso estéril en ganga de cuarzo. Asimismo los análisis de química mineral permitieron determinar la composición de la mayoría de las fases minerales presentes en la paragénesis y de esta forma establecer cuáles son aquellas portadoras de la mena de Ag las cuales han sido reconocidas por primera vez, junto con la boulangerita, dentro de este distrito minero.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. I.A. Schalamuck (INREMI) por facilitar las muestras para este estudio; al Dr. Peter Fisher (Universidad de Cardiff, UK) por su asistencia en los

Tabla 1. Composición química expresada en % en peso obtenida con SEM-EDX para distintas fases minerales de la paragénesis de mena de la veta Tajo.

| | S | Pb | Cu | Fe | Zn | As | Sb | Ag |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Galena | 13,31 | 84,37 | | | | | | |
| | 13,65 | 84,65 | | | | | | 1,71 |
| | 13,43 | 85,18 | | | | | | 1,38 |
| | 13,37 | 85,43 | | | | | | 1,79 |
| | 13,32 | 87,03 | | | | | | |
| | 13,28 | 78,97 | | | | | | 7,75 |
| | 14,02 | 85,99 | | | | | | |
| Calcopirita | 33,93 | | 33,8 | 32,26 | | | | |
| | 34,06 | | 33,94 | 33,94 | | | | |
| | 34,3 | | 33,86 | 33,86 | | | | |
| | 34,62 | | 35,35 | 30,0 | | | | |
| | 34,56 | | 34,43 | 31,0 | | | | |
| Esfalerita | 34,37 | | | 2,69 | 62,52 | | | |
| Marcasita | 53,08 | | | 47,23 | | | | |
| Tetraedrita | 25,53 | | 38,90 | 2,49 | 5,65 | 4,07 | 23,37 | |
| | 25,25 | | 38,55 | 2,05 | 5,19 | 2,88 | 26,04 | |
| | 24,23 | | 40,36 | 1,58 | 5,74 | 3,41 | 24,69 | |
| | 24,80 | | 41,69 | 2,20 | 5,94 | 3,03 | 22,38 | |
| | 25,52 | | 40,81 | 2,56 | 4,25 | 3,21 | 23,61 | |
| Freibergita | 23,18 | | 22,76 | 5,70 | | | 26,06 | 22,30 |
| | 23,28 | | 23,02 | 4,41 | | | 27,84 | 21,49 |
| | 22,48 | | 24,32 | 4,48 | | | 26,93 | 21,78 |
| Boulangerita | 19,34 | 53,91 | | | | | 28,63 | |
| Owyheeite | 19,28 | 45,61 | | | | | 29,30 | 6,13 |
| | 19,39 | 45,73 | | | | | 29,43 | 6,55 |
| | 19,37 | 41,48 | | | | | 31,83 | 7,3 |

análisis de SEM-EDX y a la arquitecta Adriana González (INREMI) por la confección de las figuras.

BIBLIOGRAFÍA

- Angelelli, V., 1983. Yacimientos metalíferos de la República Argentina, 1: 109-202. CIC. La Plata.
- Avé Lallemant, G. 1890. Estudios mineros en la provincia de Mendoza, la parte septentrional de la sierra de Uspallata. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, 12: 131-176. Buenos Aires.
- Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, 12: 131-176. Buenos Aires.
- Carrasquero, S.; N. Rubinstein y D. Fontignie. 2011. Adakite-like signature in volcanic rocks associated with the Oro del Sur Au-(Cu) epithermal deposit, Southern Precordillera of Mendoza. N. Jb. Geol. Palaont. Abh. 261 (3): 309-320.
- Cortés, J. M.; M. González Bonorino; M. Koukharsky; F. X. Pereyra y A. Brodtkorb. 1997. Hoja 3369-09, Uspallata, provincia de Mendoza. Servicio Geológico Minero Argentino, 164 p., Buenos Aires.
- Garrido, M.; E. Domínguez y I. Schalamuk. 2001. Veta Tajo, Paramillos de Uspallata, Mendoza. Características del sistema hidrotermal. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56 (1): 99-110.
- Harrington, H. 1971. Descripción geológica de la hoja 22c "Ramblón", provincias de Mendoza y San Juan. Boletín N° 114, Dirección Nacional de Geología y Minería, Buenos Aires.
- Kay, S. M.; C. Mpodozis; V. Ramos y F. Munizaga. 1991. Magma source variations for mid-late Tertiary magmatic rocks associated with a shallow subduction zone and a thickening crust in the central Andes (28° to 33°S). En Harmon, R. & Rapela, C. W. (Eds.) Andean Magmatism and its Tectonic Setting. Special Paper 265: 113-137. Geological Society of America, Boulder, Colorado.
- Lavandaio, E. y C. Fusari. 1986. Informe preliminar sobre el reconocimiento expeditivo del Distrito Polimetálico Mendoza Norte. Dirección Nacional de Geología y Minería, Mendoza. (Inédito)
- Lavandaio, E. y C. Fusari. 1999. Distrito polimetálico Mendoza Norte, Mendoza, En Zappettini, E. (Ed.) Recursos minerales de la República Argentina, Anales 35: 1705-1716. SEGEMAR, Buenos Aires.
- Linares, E. y R. González. 1990. Catálogo de edades radiométricas de la República Argentina 1957-1987. Asociación Geológica Argentina, Serie B (Didáctica y Complementaria), 19: 1-628.
- Massabie, A. 1986. Filón capa Paramillos de Uspallata, su caracterización geológica y edad, Paramillo de Uspallata, Mendoza. Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera, 1: 325-330.
- Molina, J. I. 1788. Compendio de la historia geográfica, natural y civil del Reyno de Chile. 1ª parte, que abraza la historia geográfica y natural. p: 86-125. Traducción: D^{ra}. Domingo Joseph. Madrid.
- Ramos, V. y S. M. Kay. 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. Geological Society of America, Special Paper 265: 79-91.
- Rayces, E. C. 1949. Informe geológico-minero sobre el mineral del Paramillo de Uspallata. Dirección General de Fabricaciones Militares, Buenos Aires. (Inédito).
- Strelkov, E. E. y L. A. Alvarez. 1984. Análisis estratigráfico y evolutivo de la cuenca triásica mendocina-sanjuanina. IX Congreso Geológico Argentino. Actas 3: 115-130. S.C.de Bariloche.
- Trewartha James, W. H. 1923. Informe sobre el mineral del paramillo de Uspallata. (Inédito).